

"Syntheseofen"

Die Erfindung betrifft einen Syntheseofen mit einem von einer umlaufenden Ofenwand umschlossenen Ofenraum, in dem eine Vielzahl von im Wesentlichen in einer Ebene angeordneten Brennern mit nach unten gerichteter Brenneraustrittsrichtung und eine Vielzahl von im Wesentlichen vertikal und parallel zueinander angeordneten Reaktionsrohren angeordnet sind, wobei die Reaktionsrohre von außen durch die feuernden Brenner beheizt werden.

Derartige Syntheseöfen, z.B. zur Erzeugung von Ammoniak, Methanol oder Wasserstoff, sind hinreichend bekannt und sind für den großtechnischen Einsatz häufig als gattungsgemäße deckengefeuerte Kastenöfen mit senkrecht stehenden Reaktions-/Spaltrohren ausgebildet. Diese Spaltrohre sind in Reihen angeordnet und werden von oben nach unten von Prozessgas durchströmt. Dieses Prozessgas wird dabei einem sogenannten Spaltprozess unterzogen. Das Prozessgas wird unten innerhalb oder außerhalb des Ofens in Austrittskollektoren gesammelt. In den zwischen den Rohrreihen liegenden Gassen werden die Rohre durch die oben im Ofen angeordneten vertikal nach unten feuernden Brenner erwärmt, dabei durchströmt das von den Brennern erzeugte Rauchgas den Ofen von oben nach unten und wird durch am Boden angeordnete Rauchgastunnel abgezogen (z.B. veröffentlicht in: "Ammonia: Principles and Industrial Practice/Max Appl - Weinheim; New York, Chichester; Brisbane; Singapore; Toronto: Wiley-VCH, 1999,

ISBN 3-527-29593-3, Seiten 80-89).

In derartigen Syntheseöfen, insbesondere mit einer Vielzahl von Rohrreihen, wird eine sehr ungleichmäßige, insbesondere in den äußeren Rohrreihen vor allem durch Rezirkulation geprägte Strömung beobachtet. Diese Rezirkulation führt zu niedrigen Rauchgas- und Prozessgastemperaturen in den äußeren Rohrreihen im Vergleich zu den mittleren Reihen. Diese niedrige Temperatur in den Außenreihen wirkt sich nachteilig auf den Spaltprozess aus. Bei den äußeren Brennerreihen kommt es außerdem zur Flammenablenkung, was den gesamten Wärmeübergang verschlechtert und die Materialbelastung erhöht.

Zur Vermeidung dieser bekannten Probleme sind bereits verschiedene Lösungswege vorgeschlagen worden (Fluegas Flow Patterns in Top-fired Steam Reforming Furnaces, P.W. Farnell & W.J. Cotton, Syntex, Billingham, England, 44th Annual Safety in Ammonia Plants and Related Facilities Symposium, Seattle, Washington, Paper no. 3e, September 27-30, 1999). So ist zum einen vorgeschlagen worden, die äußeren Brenner mit höheren Luftaustrittsgeschwindigkeiten zu betreiben und zum anderen, das Prozessgas gezielt in unterschiedlicher Menge auf die Reaktionsrohre zu verteilen. Diese beiden Lösungen haben sich jedoch nicht als zufriedenstellend herausgestellt. Außerdem ist vorgeschlagen worden, den Brennerab-

stand zur Ofenwand zu vergrößern. Diese Lösung behebt die vorbeschriebenen Probleme jedoch ebenfalls nicht.

Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, auf konstruktiv und steuerungstechnisch möglichst einfache Weise die Wärmeverteilung und den gesamten Wärmeübergang zu verbessern.

Diese Aufgabe wird bei einem Syntheseofen der eingangs bezeichneten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass wenigstens die äußeren, im Bereich der Ofenwand angeordneten Brenner eine Brenneraustrittsrichtung aufweisen, welche vom Zentrum des Ofens wegführend gegenüber der Vertikalen geneigt ist.

Es hat sich herausgestellt, dass durch diesen gegenüber den vorbeschriebenen bekannten Lösungswegen ganz anderen Lösungsweg auf konstruktiv und steuerungstechnisch einfache Weise die Flammenablenkung der äußeren Brennerreihen zum Zentrum des Ofens hin deutlich reduziert werden kann. Es entsteht eine wesentlich gleichmäßigere Abströmung der Rauchgase entlang der Reaktionsrohre, der Wärmeübergang wird verbessert und die erhöhte Materialbelastung der Reaktionsrohre durch "hot spots" bei Syntheseöfen nach dem Stand der Technik wird deutlich reduziert, so dass die Lebensdauer der Reaktionsrohre deutlich zunimmt.

Um eine besonders gute Wärmeverteilung bzw. Rauchgasströmung zu erzielen, ist bevorzugt vorgesehen, dass die Neigung der Brenneraustrittsrichtungen der einzelnen Brenner unterschiedlich ist. Dies bedeutet, dass die Brenner abhängig von der Saugwirkung benachbarter Brennerflammen auf die jeweilige eigene Flamme in einem entsprechenden Neigungswinkel angeordnet werden (entgegengesetzt zur Saugwirkung benachbarter Brenner).

Dabei ist ganz besonders bevorzugt vorgesehen, dass die Neigung der Brenneraustrittsrichtungen der Brenner, ausgehend vom Zentrum des Ofens, nach außen zur Ofenwand hin zunimmt. Während die zentral angeordneten Brenner z.B. keine Neigung aufweisen, nimmt die Neigung der Brennerreihen dann bis nach außen auf einen Maximalwert hin zu.

Es hat sich als besonders zweckmäßig herausgestellt, dass der Neigungswinkel, ausgehend von Zentrum, zwischen 0 bis 10°, vorzugsweise zwischen 0 bis 5°, liegt.

Um die Neigung der Brenner zu realisieren, kann konstruktiv bevorzugt vorgesehen sein, dass die Brenner mit geneigter Brenneraustrittsrichtung insgesamt geneigt eingebaut sind und/oder ihre Brenneröffnung geneigt angeordnet ist.

Ganz besonders bevorzugt ist vorgesehen, dass die Neigung der Brenneraustrittsrichtungen einstellbar ist, d.h. diese kann während des Betriebes des Syntheseofens zur Anpassung an die jeweiligen Verhältnisse verändert werden.

Dazu ist ganz besonders bevorzugt vorgesehen, dass zur Einstellung der Neigungen eine die Betriebsparameter des Syntheseofens berücksichtigende Steuerung vorgesehen ist.

Die Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnung beispielhaft näher erläutert. Diese zeigt in:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines Syntheseofens,

Fig. 2a die Temperaturverteilung in einem Syntheseofen nach dem Stand der Technik,

Fig. 2b die Temperaturverteilung in einem erfindungsgemäßen Syntheseofen,

Fig. 3a Strömungslinien in einem Syntheseofen nach dem Stand der Technik,

Fig. 3b Strömungslinien in einem erfindungsgemäßen Syntheseofen und

Fig. 4 ein Diagramm, in dem die Wärmestromdichte für die äußerste Rohrreihe über der Rohrlänge für einen Syntheseofen nach dem Stand der Technik und einem erfindungsgemäßen Syntheseofen dargestellt ist.

Ein Syntheseofen ist in Figur 1 allgemein mit 1 bezeichnet. Dieser Syntheseofen ist kasten- bzw. quaderförmig ausgebildet und weist einen von einer umlaufenden Ofenwand 2 umschlossenen Ofenraum 3 auf.

Innerhalb dieses Ofenraumes 3 sind eine Vielzahl von im Wesentlichen vertikal und parallel zueinander angeordneten Reaktionsrohren 4 angeordnet, durch welche von oben Prozessgas eingeleitet wird, was nicht näher dargestellt ist. Dieses Prozessgas strömt von oben nach unten durch die Reaktionsrohre 4 und wird im unteren Bereich des Ofens bzw. außerhalb desselben in nicht dargestellten Austrittskollektoren gesammelt.

Im Bereich zwischen den Reaktionsrohren 4 bzw. aus diesen gebildeten Rohrreihen sind im oberen Bereich des Ofenraumes 3 im Wesentlichen in einer Ebene eine Vielzahl von Brennern 5 angeordnet. Diese Brenner 5 weisen jeweils eine nach unten gerichtete Brenneraustrittsrichtung auf, in Figur 1 ist für jeden Brenner 5 eine vertikale Brennerachse 6 strichpunktisiert eingezeichnet.

Wesentlich ist nun, dass wenigstens die äußeren im Bereich der Ofenwand 2 angeordneten Brenner 5 eine Brenneraustrittsrichtung R aufweisen, welche vom Zentrum des Syntheseofens 1 wegführend gegenüber der Vertikalen geneigt ist. Dieser Neigungswinkel ist in Figur 1 mit α bezeichnet und gegenüber der zugehörigen vertikalen Brennerachse 6 definiert. Es versteht sich von selbst, dass, anders als in der zweidimensionalen Darstellung gemäß Figur 1, sich diese Neigung auch oder zusätzlich, je nach Anordnung der Brenner, gegenüber dem Zentrum des Ofenraumes 3, in der quer zur dargestellten Zeichenebene erstreckten Ebene erstrecken kann. Das Zentrum des Ofenraumes 3 befindet sich dabei im Bereich der die mittleren Reaktionsrohre 4m aufnehmenden Ebene.

Besonders zweckmäßig ist es, wenn nicht nur die Brenneraustrittsrichtungen R der äußeren Brenner 5 geneigt sind, sondern auch der mittleren und inneren Brenner, wobei die Anordnung dann so getroffen ist, dass die Neigung ausgehend von den inneren Brennern zur Ofenwand 2 hin zunimmt, erkennbar ist die Neigung γ der inneren Brenner kleiner als die Neigung β der mittleren Brenner und diese wiederum kleiner als die Neigung α der äußeren Brenner.

Der Neigungswinkel α der äußeren Brenner liegt etwa maximal bei 10° , vorzugsweise bei 5° , die Neigungswinkel β und γ sind geeignet kleiner gewählt.

Die Neigung der Brenner 5 kann auf unterschiedliche Weise realisiert werden, es kann einerseits vorgesehen sein, dass die Brenner insgesamt geneigt eingebaut sind oder nur ihre Brenneröffnung bzw. Brennerdüse.

Besonders zweckmäßig ist es, wenn die Neigung der Brenner 5 verstellbar, insbesondere auch während des Betriebes, ausgebildet ist, in diesem Falle kann eine nicht dargestellte Steuerung für den Syntheseofen 1 vorgesehen sein, die eine Einstellung der Neigungen unter Berücksichtigung der Betriebsparameter des Syntheseofens 1 vornimmt.

Durch diese Ausgestaltung der Brenner 5 wird die Flammenablenkung der äußeren Brennerreihen zur Mitte deutlich reduziert, es entsteht eine gleichmäßige oder gleichmäßigere Abströmung des Rauchgases entlang der Reaktionsrohre, der Wärmeübergang wird verbessert und die erhöhte Materialbelastung durch "hot spots" deutlich reduziert.

Diese Vorteile gegenüber dem Stand der Technik sind deutlich aus den Figuren 2a, 2b einerseits und 3a, 3b andererseits zu erkennen.

Figur 2a zeigt eine sehr ungleichmäßige Temperaturverteilung bei einem herkömmlichen Syntheseofen ohne Brennerneigung. Demgegenüber ist in Figur 2b eine erfindungsgemäße Ausge-

staltung zu erkennen, bei der die äußeren Brenner bzw. deren Brenneraustrittsrichtung um 5° geneigt ist, es zeigt sich eine wesentlich homogenere Temperaturverteilung.

Ähnlich verhält es sich auch mit den Strömungsverhältnissen, die in den Figuren 3a und 3b dargestellt sind. Figur 3a zeigt die Strömungsverhältnisse bei einem herkömmlichen Syntheseofen ohne Brennerneigung und Figur 3b mit Brennerneigung, und zwar um 5° bei den äußeren Brennern. Die unerwünschten Totzonen (weiße leere Flächen) sind bei der erfindungsgemäßen Gestaltung deutlich reduziert.

In Figur 4 ist die Wärmestromdichte für die äußerste Rohrreihe über der Rohrlänge aufgetragen, und zwar in gestrichelter Darstellung für einen Syntheseofen nach dem Stand der Technik und in durchgezogener Linie für einen erfindungsgemäßen Syntheseofen mit um 5° geneigten äußeren Brennern. Erkennbar ist die Wärmestromdichte über der Rohrlänge beim einem erfindungsgemäßen Syntheseofen wesentlich gleichmäßiger verteilt.

Patentansprüche:

1. Syntheseofen mit einem von einer umlaufenden Ofenwand umschlossenen Ofenraum, in dem eine Vielzahl von im Wesentlichen in einer Ebene angeordneten Brennern mit nach unten gerichteter Brenneraustrittsrichtung und eine Vielzahl von im Wesentlichen vertikal und parallel zueinander angeordneten Reaktionsrohren angeordnet sind, wobei die Reaktionsrohre von außen durch die feuernden Brenner beheizt werden, dadurch gekennzeichnet,
dass wenigstens die äußeren im Bereich der Ofenwand (2) angeordneten Brenner (5) eine Brenneraustrittsrichtung (R) aufweisen, welche vom Zentrum des Ofens wegführend gegenüber der Vertikalen geneigt ist.
2. Syntheseofen nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Neigung der Brenneraustrittsrichtungen (R) der einzelnen Brenner (5) unterschiedlich ist.
3. Syntheseofen nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Neigung der Brenneraustrittsrichtungen (R) der Brenner (5), ausgehend vom Zentrum des Ofens, nach außen zur Ofenwand (2) hin zunimmt.

4. Syntheseofen nach Anspruch 1 oder einem der folgenden,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Neigungswinkel, ausgehend vom Zentrum, zwischen
0 bis 10°, vorzugsweise zwischen 0 bis 5°, liegt.
5. Syntheseofen nach Anspruch 1 oder einem der folgenden,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Brenner (5) mit geneigter Brenneraustrittsrichtung
(R) insgesamt geneigt eingebaut sind und/oder ihre Brenner-
öffnung geneigt angeordnet ist.
6. Syntheseofen nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Neigung der Brenneraustrittsrichtungen (R) ein-
stellbar ist.
7. Syntheseofen nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass zur Einstellung der Neigungen eine die
Betriebsparameter des Syntheseofens berücksichtigende
Steuerung vorgesehen ist.

Zusammenfassung:

Mit einem Syntheseofen mit einem von einer umlaufenden Ofenwand umschlossenen Ofenraum, in dem eine Vielzahl von im Wesentlichen in einer Ebene angeordneten Brennern mit nach unten gerichteter Brenneraustrittsrichtung und eine Vielzahl von im Wesentlichen vertikal und parallel zueinander angeordneten Reaktionsrohren angeordnet sind, wobei die Reaktionsrohre von außen durch die feuernden Brenner beheizt werden, soll auf konstruktiv und steuerungstechnisch möglichst einfache Weise die Wärmeverteilung und der gesamte Wärmeübergang verbessert werden.

Dies wird dadurch erreicht, dass wenigstens die äußeren, im Bereich der Ofenwand (2) angeordneten Brenner (5) eine Brenneraustrittsrichtung (R) aufweisen, welche vom Zentrum des Ofens wegführend gegenüber der Vertikalen geneigt ist.

Hierzu zu veröffentlichende Zeichnung: Fig. 1.

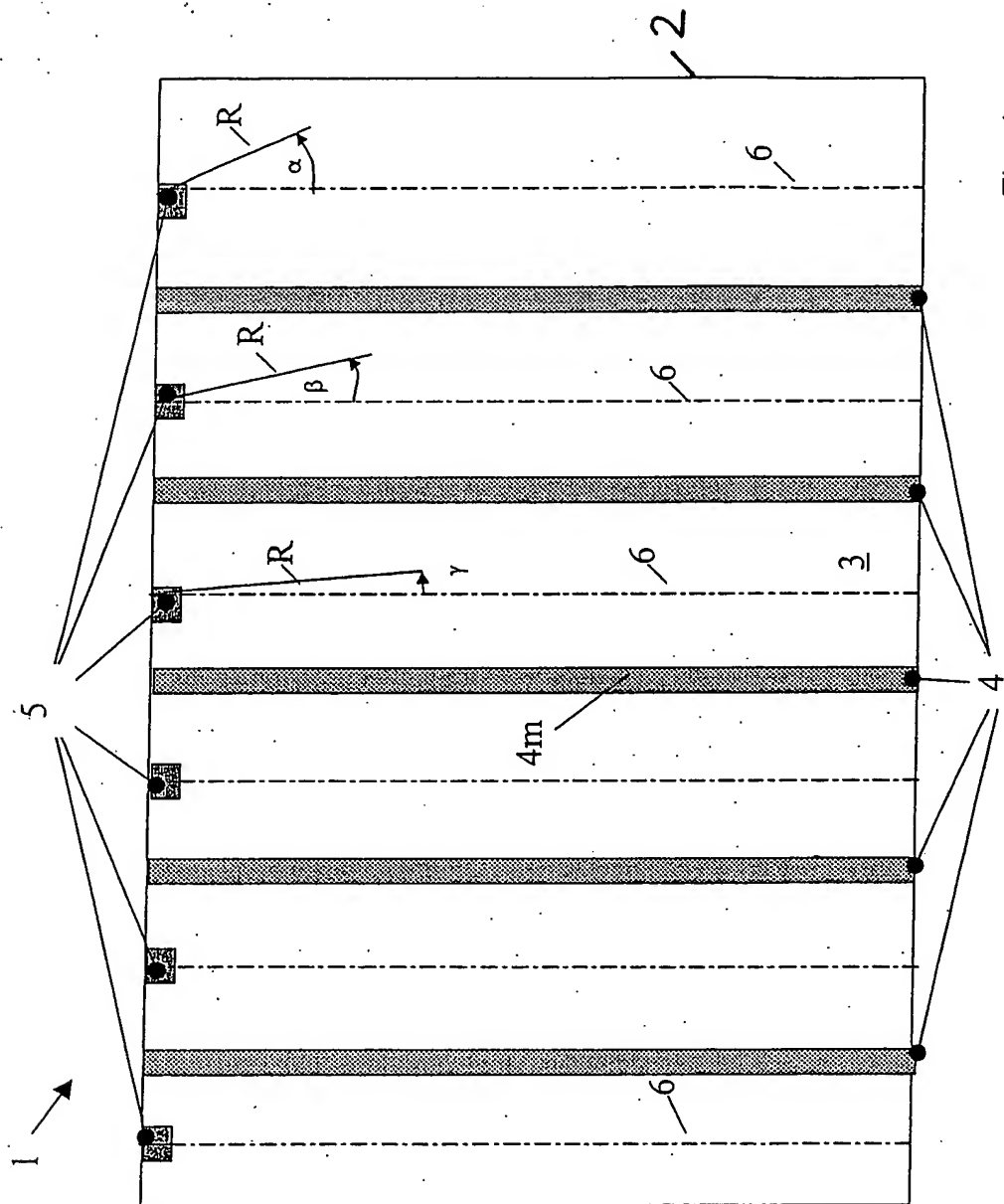


Fig. 1

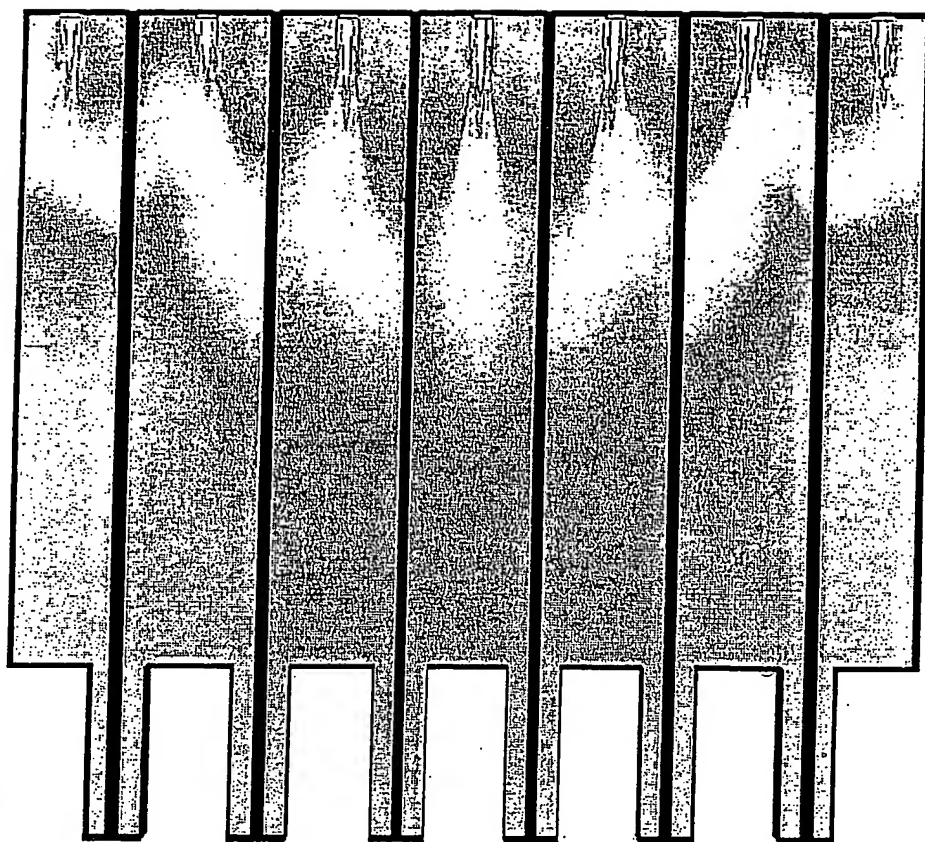


Fig. 2a

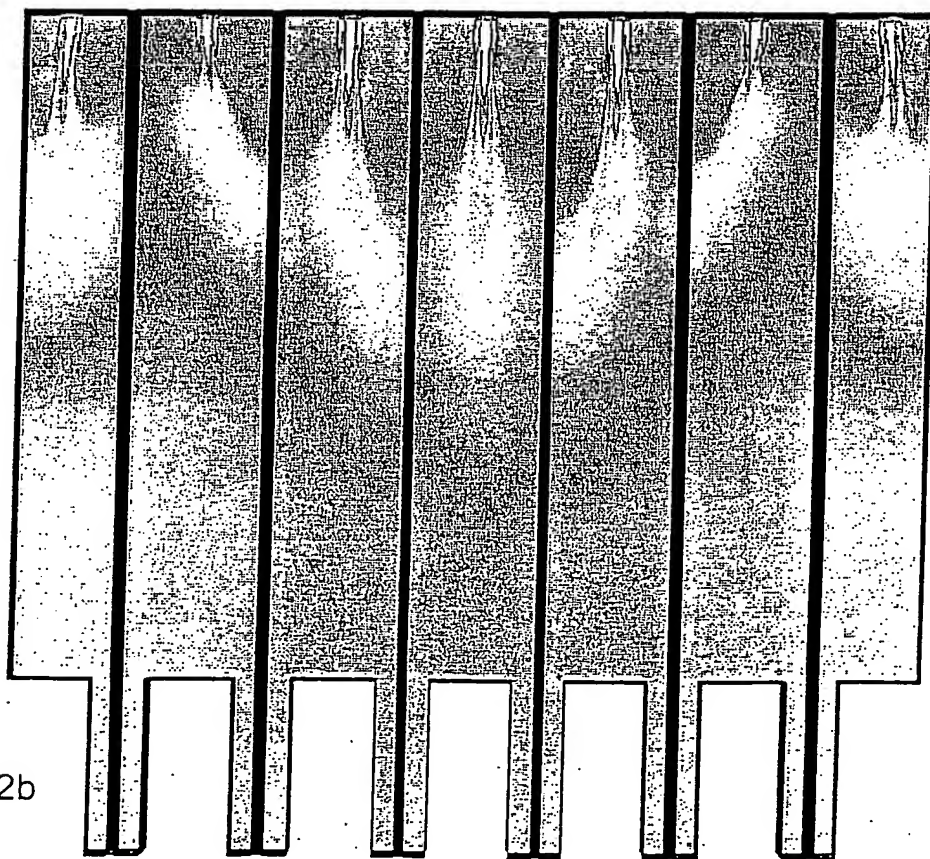


Fig. 2b

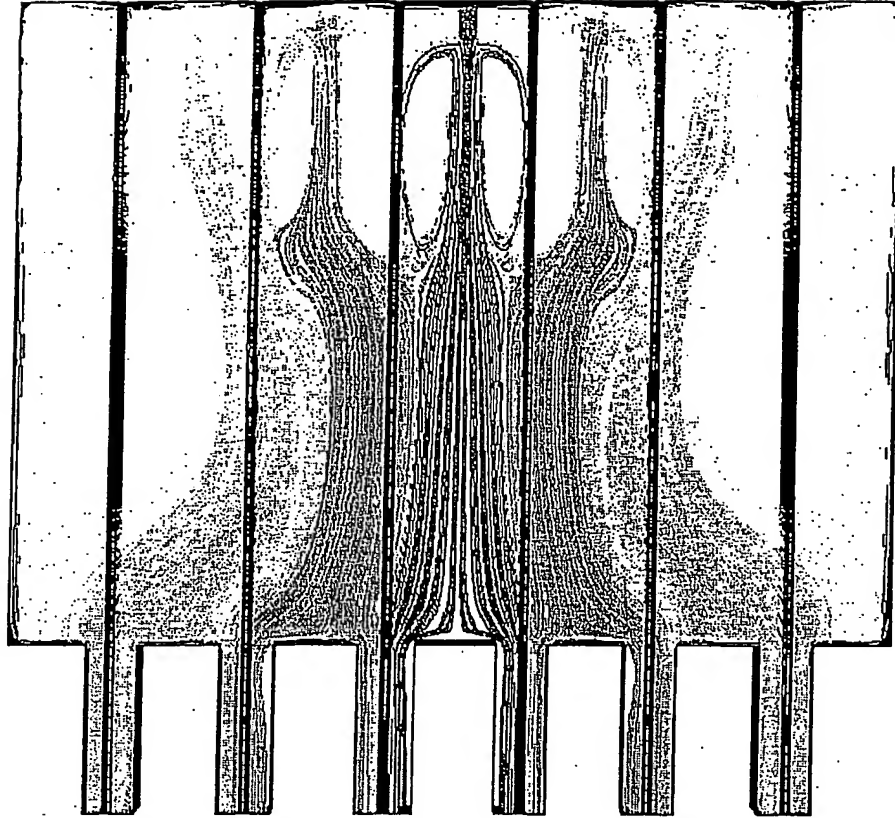


Fig. 3a

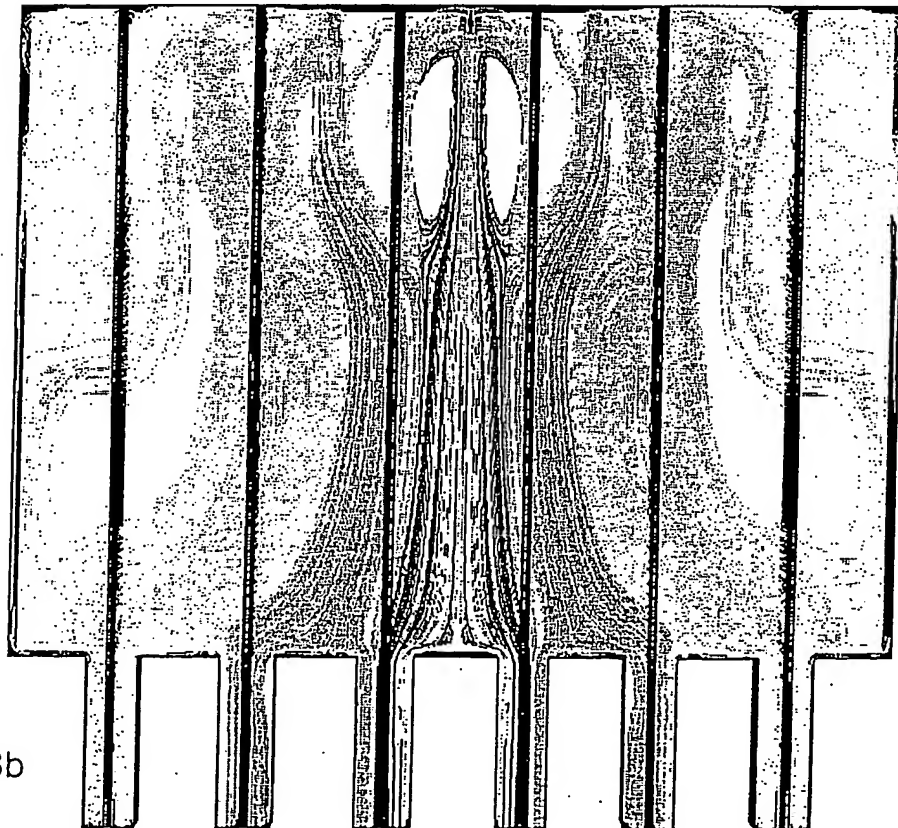


Fig. 3b

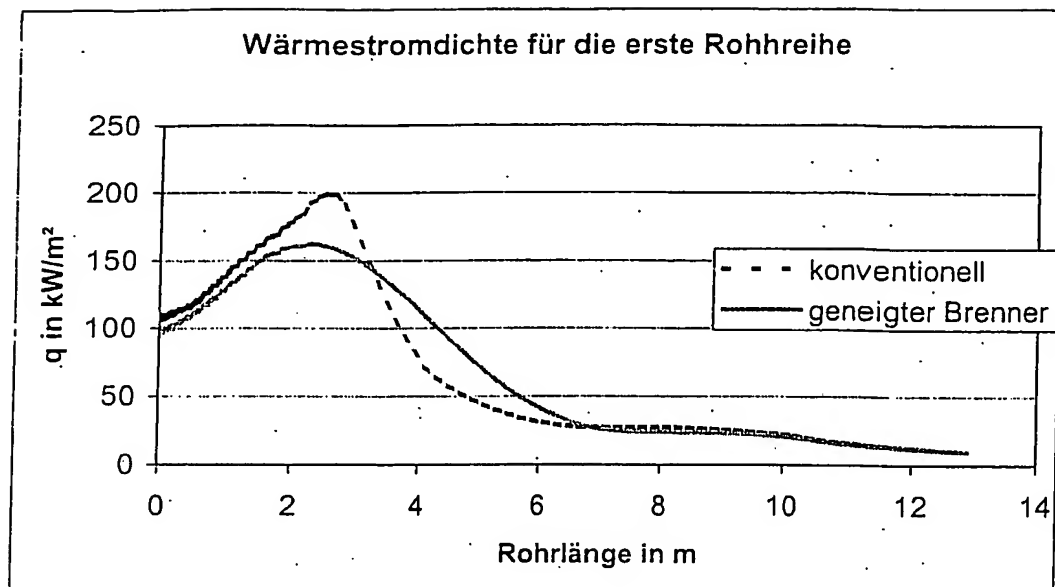


Fig. 4